

地铁盾构技术潜在风险与管控措施分析

陈龙

(中交一公局西南工程有限公司 四川 成都 610000)

摘要: 随着我国综合国力的不断提升和科学技术的不断进步,我国的地铁隧道工程数量和施工规模在不断扩大。在众多地铁施工技术中,地铁盾构技术被广泛使用,而一些复杂的隧道工程条件使得在项目施工过程中遇到严峻的挑战。针对隧道工程建设和管理中可能越来越频繁出现的施工问题,本文首先介绍了地下隧道项目盾构技术施工过程中可能构成的风险因素,然后通过层次分析法进行安全评价,得出地铁盾构技术中的安全评价模型,并进行一致性检验,比较评分,决策出最好的方案,最后提出一些关于地铁盾构技术的安全管控措施。

关键词: 地铁盾构; 潜在风险; 安全评价; 层次分析法

0 引言

地铁的建设是国家重点工程,由于地下铁路存在诸多无形风险因素,且设计投资大、建设周期长、建设项目多、技术问题多等,各种风险因素在规划、设计、施工和最终运营阶段会不同程度地发生。此外,由于地下建筑的特殊性,工程所涉及地理位置隧道质量和安全要求高,涉及多个工程专业,工作量大,工期紧,地铁的建设伴随着地下和地上工程的轮换、周边环境的不确定性等不确定因素,因此,一旦发生事故,很容易造成人员伤亡。针对隧道工程建设和管理中可能出现的施工问题,分析其风险因素,通过评价、评分、制定方案,并给出安全管控措施至关重要。

1 安全评价方法

在安全评价领域,根据安全性评价结果的定量程度,可以将安全性评价方法分为定性安全性评价方法和定量安全性评价方法。

本文基于对地铁盾构技术的生产和运营,对盾构建设项目的安全管理现状进行了综合分析。分别使用安全检查表方法和层次分析法,分析了地铁盾构设计中的典型事故案例,指出事故的直接原因是人员的不安全行为和不安全的状态,以及人员之间的相互作用。综合定性和定量的安全评价方式,选用安全检查表法和层次分析法分析“成都地铁 17 号线 6 标”地铁施工项目,主要有以下两个方面:

(1) 在安全管理方面,着重运用安全检查表法检查出项目管理上的危险因素,例如安全管理部门是否独

立设置,是否制定相关安全管理规章制度和管理流程,以及是否建立安全管理责任制等,尽可能地将安全检查体制完善;

(2) 在地铁盾构技术角度,通过层次分析法进行安全评价,得出地铁盾构技术中的安全评价模型,并邀请专家进行评分制度,进行一致性检验,比较评分,决策出最好的方案。

2 安全评价模式

2.1 安全检查表法的应用

安全检查表法是对一些可能产生危险的项目进行识别分析,确认可能产生安全风险的程序,如设备操作相关、设计相关和缺陷等。这些识别的风险类别较庞大,种类较多且复杂,通常适用于检查其过程是否满足规范标准的要求。安全检查表的分析方法弹性空间很大,不仅可以进行简单快速地分析,还能够应用于更深层次,是项目上用来识别已知风险最常见的方法之一。

根据成都 17 号线 6 标段地铁项目,对于温江区间结合《中华人民共和国国家标准地铁工程施工安全评价标准》盾构安全程度评价项目,综合得到有关工程施工安全管理方面的检查评分表,见表 1。

表 1 是对安全管理方面进行的研究,而层次分析法着重对技术方面进行研究。

2.2 层次分析法的应用

通过层次分析法来判定地铁盾构技术风险有以下步骤。首先,建立影响地铁盾构技术层次模型,其影响因素分为盾构机的型号选择安全风险、盾构机运输进场风险和盾构机掘进中风险;然后,根据这些风险因子

表 1 安全管理检查评分表

序号	项目检查类别	评分准则
1	明确安全生产责任制度	未建立健全的安全生产制度，扣 10 分； 各部门未严格执行安全生产责任制度，扣 4 ~ 6 分； 承包合同中未见安全合格指标，扣 10 分； 未明确各生产流程的操作规程，扣 10 分； 无专职安全人员，扣 10 分； 管理人员未参加考核或考核成绩不合格，扣 5 分
2	施工组织设计	施工组织设计中未考虑安全措施，扣 10 分； 未经过批准的施工组织设计，扣 10 分； 专业性较强的项目，需要单独编制施工方案，每缺一项，扣 8 分； 安全措施不全面，扣 2 ~ 4 分； 安全措施没有针对项目实际情况，扣 6 ~ 8 分； 施工组织设计中的安全措施未严格落实到位，扣 8 分
3	分部（分项）工程安全技术交底	安全技术交底未形成书面形式，扣 10 分； 交底针对性不强，扣 4 ~ 6 分； 交底不全面，扣 4 分； 安全技术交底未签名，扣 2 ~ 4 分
4	安全检查	未形成完善的安全检查制度，扣 5 分； 安全检查未形成书面记录，扣 5 分； 对于已经发现的安全事故未及时整改，扣 6 分； 判定整改责任书未按照责任书整改期限内进行整改，扣 6 分
5	安全教育	未形成完善的安全教育制度，扣 10 分； 安全教育未形成书面记录，扣 10 分； 工人不明确该工种的安全措施流程，扣 2 分； 每有一人未通过入场安全教育和考核上班，扣 3 分； 年底未组织管理人员进行安全培训，扣 5 分； 安全员考核不及格，扣 5 分
6	班前安全活动	未形成完善的班前安全活动制度，扣 10 分； 班前活动未形成书面记录，每缺一次，扣 2 分； 班前教育活动无针对性，扣 5 分
7	特种作业持证上岗	未形成完善的特殊作业人员管理制度，扣 5 分； 特种培训不到位，扣 4 分； 特种人员未持有特种工作证书，扣 2 分
8	工伤事故	未及时汇报工伤事故，扣 6 分； 未对工伤事故按照规程进行调查分析，扣 10 分； 未建立档案，扣 4 分
9	安全标志	未绘制安全标志总体图，扣 5 分； 现场未严格按照总体图布置安全标志设施，扣 5 分

之间的关系形成结构模型，将各个因素因子之间的关系进行量化表示；最后，形成层次分析矩阵，将矩阵中的各种因素通过权重的形式直观地表现出来，再通过计算排名确定最终目标的权重系数。

针对地铁盾构技术，对可能发生的安全风险因素进行对比分析，对重要程度进行初步排名，并制定调查问卷多次询问风险管理专家，整个隧道工程项目所涉及的风险来源有：地铁所需盾构机的型号、盾构机运输，以

及掘进过程中的风险可得一致性模糊判断矩阵，如表 2 所示。

通过表 2 可以看到各种风险的重要程度，但是定性指标需要通过邀请 10 位专家对评价指标的重要程度打分，下面给出标度方法，如表 3 所示。

第 1 级项目层各要素的权重来确定指标各模块的权重，通过整理问卷，整理判断矩阵的评价表格，如表 4 所示。

表 2 地铁施工安全评价表

地铁盾构机型号选择 U1	盾构机运输进场风险 U2	盾构掘进中风险 U3
盾构制造工期短 U11	运输时间长, 运输距离远 U21	工程地质、水文地质 U31
地质、水文资料欠缺, 盾构选型依据不足 U12	道路障碍 U22	盾构姿态超限 U32
	高架车站及区间施工 U23	地基承载力、抗侧向力不够 U33
	安装工程 U24	盾尾刷损坏、管片破损严重漏水 U34

根据上述计算方法及其评定结果, 将地铁盾构技术的技术因素: 盾构机的型号选择安全风险因素、盾构机运输进场风险、盾构机现场组装风险、盾构机掘进中风险综合评价值, 如表 5 所示。

从最终的评价结果可知, U1 的综合评价最好, 为 0.60, 高于其他 3 项技术, 所以 U1 所对应的地铁盾构机型号选择是安全性最高的, 其他 3 项技术在日常施工中需要加强管理。

表 3 标度方法

序号	重要性等级	Cij 赋值
1	i 与 j 两元素同等重要	1
2	i 元素比 j 元素稍重要	3
3	i 元素比 j 元素明显重要	5
4	i 元素比 j 元素强烈重要	7
5	i 元素比 j 元素极端重要	9
6	i 元素比 j 元素稍不重要	1/3
7	i 元素比 j 元素明显不重要	1/5
8	i 元素比 j 元素强烈不重要	1/7
9	i 元素比 j 元素极端不重要	1/9

注: %={Z 4 应 & 访, 1/41/6, 1/8} 的等级重要性与 %={135, 7, 9, 1/3, 1/5, 1/7, 1/9} 相当, 这些数字是人们在定性分析中的直觉和判断力所决定的。

3 存在风险与安全控制措施探讨

3.1 存在的风险

3.1.1 在地质条件不乐观的情况下的盾构施工风险

当盾构机上部为硬质黏土, 可能由于硬质黏土土质过硬导致盾构机掘进困难; 当盾构机下面部分为承压水砂层时, 可能会使下部成分所受压力不够强, 从而导致液化流失最终造成盾构机的突沉。

3.1.2 盾构机的进出隧道风险

盾构机进入即将掘进的隧道或出隧道时, 预留洞口的钢筋混凝土挡土墙必须拆除, 在这个过程中, 由于施工方法的影响和前期工作井施工的干扰, 洞口及钢筋土长期裸露, 容易发生水土流失或内部塌方。

表 4 一级评价指标重要性模糊判断矩阵

U	地铁盾构机型号选择 U1	盾构机运输进场风险 U2	盾构掘进中风险 U3	盾构机现场组装风险 U4
地铁盾构机型号选择 U1	1	1/3	1/2	1/2
盾构机运输进场风险 U2	3	1	6	1/5
盾构掘进中风险 U3	2	2	1	1
盾构机现场组装风险 U4	1/6	5	1	1

表 5 4 个盾构技术因素目标综合评价值

评价指标	U	U1	U2	U3	U4
权重系数	0.71	0.60	0.158	0.169	0.18

3.1.3 盾构隧道穿过重要建筑物的风险

当修建地铁时, 部分地区是将隧道设计在立交桥、跨江公路等城市重要建筑物旁, 在隧道施工过程中, 很容易造成对已修筑好的建筑物造成损害, 严重威胁城市流通秩序, 严重危害社会秩序。

3.1.4 盾构机的掘进遇上重要管道的风险

天然气、原水水库涵洞等管道是城市重要的生命线。深埋管线较多, 接头地层变化较大, 允许变形较小且不确定。盾构隧道穿过这些重要的地下管线时, 有可能会出现地质沉降从而引发泄漏甚至爆炸, 影响管线的安全。

3.2 安全管理控制措施

3.2.1 对人为因素控制

(1) 施工现场要设立专职安全员, 施工队可以组织专人进行协调管理, 与此同时还应设立专职的安全员对现场安全负责;

(2) 为了从侧面监督检查施工, 所有工程人员必须佩戴安全帽、安全带和救生衣;

(3) 对特殊工种和起重机械操作人员必须持证上岗, 并有专人指挥;

(4) 管理人员需进行定期安全培训, 并且对施工相

(下转第 86 页)

检修中也要关注气动执行机构运行供气压力值偏低导致阀门无法关闭到位的可能性。

2.9 其他优化

在上述优化基础上,电厂对阀门气动执行机构与阀门的匹配性也进行了优化,对于动作频率较高的阀门气动执行机构予以换型。同时电厂为从根本上结束疏水阀的缺陷,分4次大修使用新的检修标准对所有疏水阀进行预防性解体维修维修工作,并完成所有阀门的阀芯、阀座、阀杆的测绘和零件图编制,同时清理核实了现有库存备件尺寸,补充采购不齐全的备品备件。

3 结语

对于一些“老大难”设备问题,通过梳理历史缺陷,找出直接原因和根本原因,系统性地找出设计、维修策略、维修标准以及经验技能等方面不足,对形成高质量的维修思维具有重要意义。在维修过程中,尽量采用可量化的维修标准,如阀芯阀座的安装标准,将原来对技能和责任心有较高要求抽纸条验证和红印试

验验证,将设备管理和维修由不可量化转变为可量化,由不确定转变为确定。此思路同样适用于解决其他故障次数较高的系统设备。

参考文献:

- [1] 张光辉.疏水阀应用中的常见问题及对策[J].当代化工研究,2017(03):19-20.
- [2] 宋永军.梅索尼兰调节阀在气化炉压力放空中的应用[J].化工生产与技术,1996(02):53-55.

作者简介: 杨博文(1989.06-),男,汉族,山西忻州人,本科,工程师/技师,研究方向:核电站维修;李攀攀(1982.12-),男,汉族,河南洛阳人,本科,高级工程师/技师,研究方向:核电站维修;朱元生(1995.09-),男,汉族,安徽六安人,本科,助理工程师,研究方向:核电站维修;朱凯亮(1993.06-),男,河北沧州人,本科,工程师,研究方向:核电站维修;韩鹏(1985.05-),男,辽宁沈阳人,本科,工程师/技师,研究方向:核电站维修。

(上接第82页)

关人员开展安全教育。

3.2.2 对设备因素控制

施工单位应根据实际情况准备足够的水泥、水玻璃、水泵等材料和设备。

3.2.3 对材料因素控制

施工材料要做到定点摆放。在施工现场,所有的施工材料,包括构件等一定要做到随时拆除随时搬运,并且对无效的材料进行处理并搬运到指定地点,不能随意丢弃,以免对环境造成破坏与污染。

3.3 做好安全制度考核

其实大部分事故的发生主要是由于疏忽管理和忽视管理条例,因此一个建筑项目的主要工作重点不仅是按质按量地完成工期内应完成的项目,更应该充分健全安全管理制度。因此,在一个项目的起始时期,就应该分别从人、设备和材料等方面进行安全制度考核,从而尽可能地减少安全事故的发生。

4 结语

文章采用的安全检查表法,对人、设备和机械三

个不同方面的安全情况可能产生的不安全因素进行举例和分析,并在此基础上,结合层次分析法,利用矩阵模型构建了地铁建设中安全性指标权重的求解过程。

参考文献:

- [1] 贾俊峰.城市轨道交通土建工程施工安全风险研究[D].北京:北京交通大学,2006.
- [2] 胡丽娜.基于层次分析法的隧道工程项目风险管理研究[D].西安:西安科技大学,2020.
- [3] 付蓉,吴伟巍.地铁维护工作安全风险研究现状及发展,都市快轨交通[J].2009,12(6):18-21.
- [4] 罗云等.风险分析与安全评价[M],北京:化学工业出版社,2010.
- [5] 陈宝智.安全原理[M].北京:冶金工业出版社,2004.

作者简介: 陈龙(1987-),男,汉族,重庆人,本科,工程师,研究方向:铁路及市政项目管理。